



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

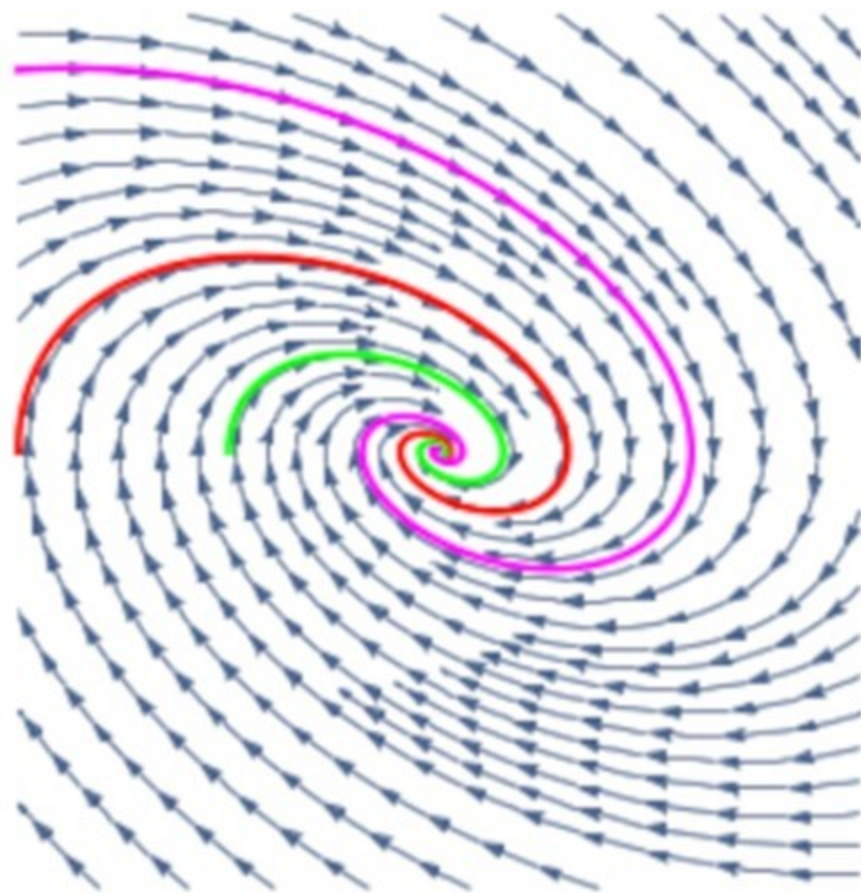
# *Il fascino della Matematica e delle sue applicazioni*

***Domenico Vitulano***

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DI BASE E  
APPLICATE PER L'INGEGNERIA**

***Bando Iniziative di Terza Missione per l'anno 2020***

***Sapienza Università di Roma***



# *Analisi della comunicazione non verbale attraverso le immagini*

*Domenico Vitulano*

***Dipartimento di Scienze di Base ed Applicate,  
Università degli Studi di Roma 'Sapienza', Italia***



*Comunicazione non verbale (wikipedia)*



# Tipi di comunicazione

La comunicazione può essere:

**verbale: composta dalle parole che pronunciamo**  
(firma personale)

**paraverbale: definita dal modo con il quale pronunciamo le parole**  
(tono della voce, timbro, volume, velocità, pause, inflessione e dialetto, inclinazione della voce, accento sulle parole)

**non verbale: definita da ciò che non diciamo**  
(espressioni del viso o postura del corpo)



*Comunicazione non verbale (wikipedia)*



# Tipi di comunicazione

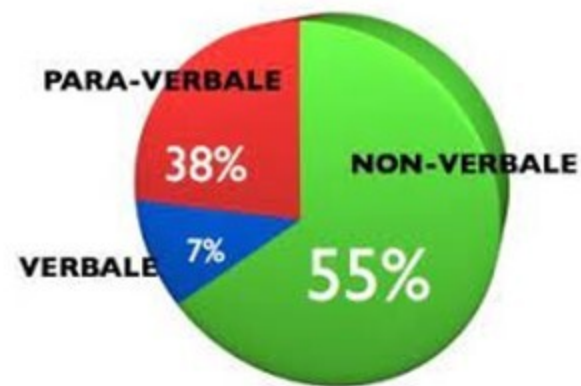
Peso *'reale'* delle componenti della comunicazione (1972):

verbale: 7%

paraverbale: 38%

non verbale: 55%

Albert Mehrabian,  
Nonverbal Communication,  
Taylor & Francis Inc, 2007



*La Comunicazione Non Verbale*





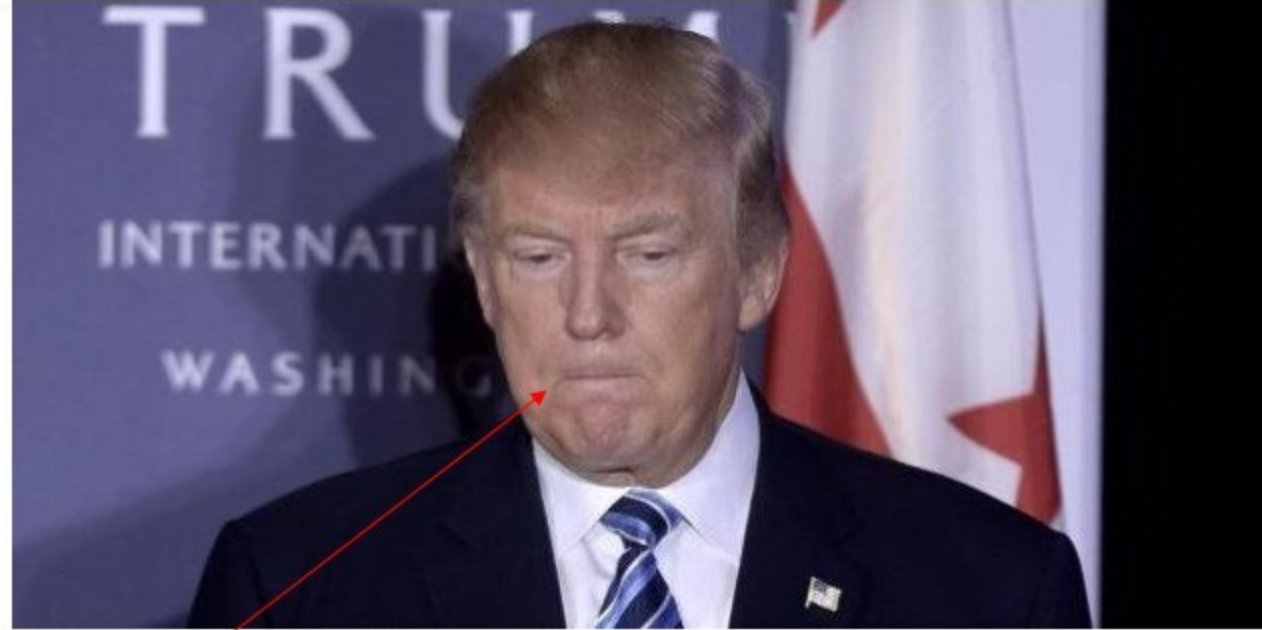
# Comunicazione non verbale: Microespressioni facciali

Se scrutassimo con attenzione il colloquio tra due individui, ne potremmo individuare di molteplici



**Definizione:** micro-movimenti facciali involontari derivanti, ad esempio, dalla contrazione di un muscolo del viso

**Vantaggio:** permettono di individuare se il pensiero di una persona sia più o meno veritiero



## Rilevamento di Microespressioni

**Definizione:** micro-movimenti facciali involontari derivanti, ad esempio, dalla contrazione di un muscolo del viso

**Vantaggio:** permettono di individuare se il pensiero di una persona sia più o meno veritiero

**Difficile:** durata massima pari a **500 ms**, durata minima tra **100 e 166 ms**.

Distinzione tra ME (gesti involontari) e battito degli occhi (**blink**, gesto naturale).

[https://it.wikipedia.org/wiki/Comunicazione non verbale](https://it.wikipedia.org/wiki/Comunicazione_non_verbale)

Wen-Jing Yan and Yu-Hsin Chen Measuring dynamic micro-expressions via feature extraction methods Journal of Computational Science, 25:318{326, 2018





## Cenni sulle microespressioni (facciali)

**Definizione (2):** *espressione del viso, caratterizzata dal fatto di essere **breve**, molto **attenuata** e **involontaria**, che appare quando un individuo deliberatamente o involontariamente **tenta di nascondere** le proprie emozioni.*

La dinamica temporale della microespressione consiste di **tre fasi (istanti) principali**:

**L'inizio:** i muscoli facciali iniziano a contrarsi e l'espressione inizia dunque a cambiare

**il picco:** momento in cui avviene la micro-espressione e risulta maggiormente visibile

**la fine:** i muscoli tendono a rilassarsi per tornare a un'espressione neutra



**Semplice**



**Complicato**

## Applicazioni nel settore investigativo

*Nel 2008, il numero di telecamere installate nel mondo ammontava a circa 11 milioni*

*nel 2013 il loro numero è più che triplicato*

*nel 2012, sono state caricate su YouTube circa 2,5 milioni di ore di filmati riguardanti accadimenti ripresi dagli utenti in ogni parte del mondo*

*su Facebook sono state inserite circa 300 milioni di fotografie digitali*

*etc . . .*



*le agenzie di Intelligence  
le forze di Polizia  
le Unità Investigative delle grandi  
imprese energetiche/finanziarie*



# Applicazioni nel settore marketing

Il cliente ha sempre ragione

Una clientela soddisfatta è alla base della sostenibilità e della crescita di qualsiasi Business  
(indicatori di prestazioni chiave o KPI)

Misurazione del gradimento di un cliente tramite sistemi di telecamere



# Cenni sulle microespressioni (facciali)

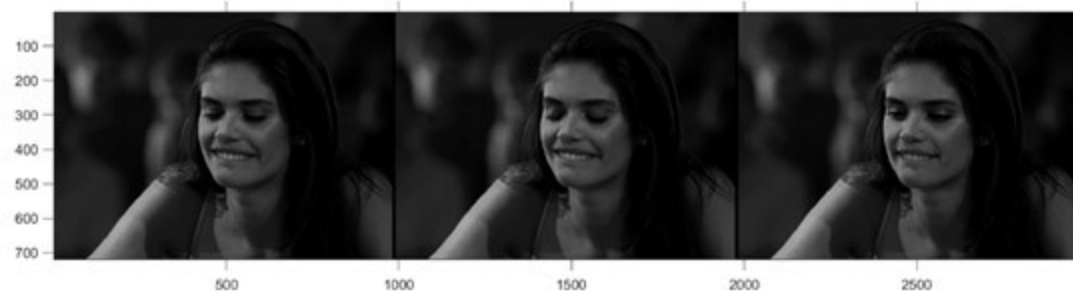
**Partendo da:** *espressione del viso, caratterizzata dal fatto di essere **breve**, molto **attenuata** e **involontaria**, che appare quando un individuo deliberatamente o involontariamente tenta di nascondere le proprie emozioni.*

## rilevamento di microespressioni (ME spotting)

Rilevazione automatica di un intervallo temporale in cui avviene il micro-movimento in una sequenza di video frames

## classificazione di microespressioni (ME recognition)

Classificazione della microespressione coinvolta nel video campionato



**Fear**  
Upper eyelids raised



**Disgust**  
Nose wrinkled



**Anger**  
Jaw thrust forward



**Determination/Anger**  
Lips pressed



**Sadness**  
Eyebrows drawn up



**Sadness**  
Lip corners down



# Classificazione di microespressioni (ME recognition)

Effettuata da **classificatori (Machine Learning)**

*k-Nearest Neighbor (k-NN)*

*Support Vector Machine (SVM)*

*Random Forest (RF)*

*Classificatore di Rappresentazione Sparsa (SRC)*

*Relaxed K-SVD*

*Group Sparse Learning (GSL)*

*Extreme Learning Machine (ELM)*

**Alcune app**



Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman

The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction

Springer Science & Business Media, 2009.

Tool	Class label	Technique	Attributes
Microsoft Cognitive Services	anger, contempt, disgust, fear, happiness, neutral, sadness, and surprise	Cloud-Based Emotion Recognition Algorithm	Face rectangle top, left, height, and width
Kairos	smile, dislike, surprise, and attention	-	Eyes, eyebrows, nose, mouth
Eyeris EmoVu	facial detection	Deep Learning Architecture	
Sky biometric Application	facial attributes including gender, smile, closed eyes, open mouth, glasses and dark glasses	Deep Neural Networks	Closed eyes, open mouth, glasses and dark glasses
Affectiva	engaged, amused, surprised or confused	Machine-Learning Algorithms	Eyes, nose, mouth, eyebrows
Emotient	joy, surprise, sadness, anger, disgust, contempt, fear, confusion and frustration	Machine-Learning Algorithms	Eyes, eyebrows, nose, mouth
OpenFace	facial landmark detection and tracking: head pose detection, eye gaze estimation	Conditional Local Neural Fields (CLNF)	Face rectangle
FaceReader	happy, sad, angry, surprised, scared, disgusted, contempt and neutral	Artificial Neural Network	Complete facial points.
Nviso	happiness, surprise, fear, anger, disgust, and sadness	Machine Learning Algorithms	3D facial image feature
Vision API	joy, sorrow, and anger	-	Key facial features

Renuka S Deshmukh and Vandana Jagtap.

A survey: Software api and database for emotion recognition ICICCS, 284-289. IEEE, 2017.

## Classificazione di microespressioni (ME recognition)

Effettuata da classificatori (Machine Learning)

si basano sostanzialmente sul  
**Facial Action Coding System, F.A.C.S.**,  
(sistema di classificazione e  
codificazione dei movimenti facciali umani)

**Espressioni universali (1972):**

*rabia, disgusto, tristezza, gioia, paura, sorpresa*

+

divertimento, disprezzo, contentezza, imbarazzo,  
eccitazione, colpa, orgoglio, sollievo,  
soddisfazione, piacere sensoriale e vergogna  
(1992)



Fear  
Upper eyelids raised



Disgust  
Nose wrinkled



Anger  
Jaw thrust forward



Determination/Anger  
Lips pressed



Sadness  
Eyebrows drawn up



Sadness  
Lip corners down

Facial Action Coding System di **Paul Ekman**



## Classificazione di microespressioni (ME recognition)

Effettuata da classificatori (Machine Learning)





















espressioni facciali scomposte in **unità d'azione**:

*Action Unit*

(durata, l'intensità, asimmetrie bilaterali)

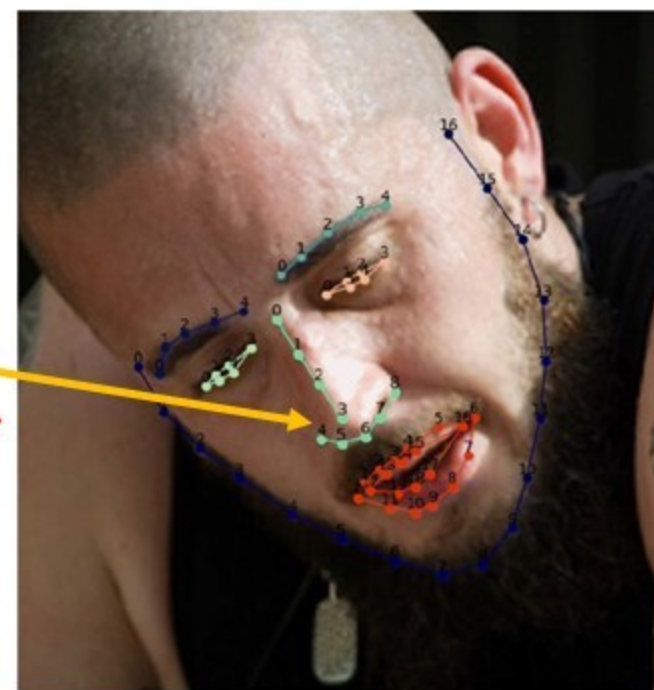
Inside Out, film del 2015, Disney Pixar  
Personaggi principali: Gioia, Tristezza, Rabbia,  
Paura e Disgusto

 AU1 Inner Brow Raiser	 AU2 Outer Brow Raiser	 AU4 Brow Lowerer	 AU5 Upper Lid Raiser	 AU6 Cheek Raiser	 AU7 Lid Tightener
 AU9 Nose Wrinkler	 AU10 Upper Lip Raiser	 AU12 Lip Corner Puller	 AU15 Lip Corner Depressor	 AU16 Lower Lip Depressor	 AU17 Chin Raiser
 AU20 Lip Stretcher	 AU23 Lip Tightener	 AU24 Lip Pressor	 AU25 Lips part	 AU26 Jaw Drop	 AU27 Mouth Stretch

Facial Action Coding System di **Paul Ekman**

# Rilevamento classico di microespressioni (ME spotting): Preprocessing

Work	Landmark detection	Landmark tracking	Face registration	Masking	Face regions
Polikovsky et al., 2009	Manual	-	-	-	12 ROIs
Shreve et al., 2009	-	-	-	-	3 ROIs
Wu et al., 2011	-	-	-	-	Whole face
Shreve et al., 2011	-	-	Face alignment	Eyes, nose and mouth	3 ROIs
Polikovsky and Kameda, 2013	Manual	APF	-	-	12 ROIs
Shreve et al., 2014	SCMS	-	-	Eyes and mouth	4 Parts
Moilanen et al., 2014	Manual	KLT	Face alignment	-	6 × 6 blocks
Davison et al., 2015	Face++	-	Affine transform	-	5 × 5 blocks
Patel et al., 2015	DRMF	OF	-	-	49 ROIs
Liong et al., 2015	DRMF	-	-	-	3 ROIs
Wang et al., 2016a	DRMF	-	Non-reflective similarity transformation	-	6 × 6 blocks
Liong et al., 2016c	DRMF	-	-	Eyes	3 ROIs
Xia et al., 2016	ASM	-	Procrustes analysis	-	Whole face
Liong et al., 2016b	DRMF	-	-	-	3 ROIs
Davison et al., 2016a	Face++	-	Affine transform	-	4 × 4, 5 × 5 blocks
Davison et al., 2016b	Face++	-	2D-DFT and Piecewise affine warping	Binary masking	26 ROIs
Yan and Chen, 2017	CLM	-	-	-	16 ROIs
Li et al., 2017	Manual	KLT	-	-	6 × 6 blocks
Ma et al., 2017	CLNF from OpenFace	KLT	-	-	5 ROIs
Qu et al., 2017	ASM	-	LWM	-	Various block sizes
Duque et al., 2018	AAM	KLT	-	-	5 ROIs



**Benjamin Johnston & Philip de Chazal**  
**A review of image-based automatic facial landmark identification techniques**  
*EURASIP Journal on Image and Video Processing* 2018

*Yee-Hui Oh, John See, Anh Cat Le Ngo, Raphael C. -W. Phan and Vishnu M. Baskaran*  
**A Survey of Automatic Facial Micro-Expression Analysis: Databases, Methods, and Challenges.**  
*Frontiers in Psychology*



# Rilevamento classico di microespressioni (ME spotting): Processing

Work	Feature	Feature Analysis	Movement (M) / Apex (A)	Spotting technique	Database
Polkovsky et al., 2009	3D gradient histogram	-		k mean cluster	High-speed ME database (not available)
Shreve et al., 2009	Optical strain	-	M	Threshold technique	USF
Wu et al., 2011	Gabor features	-	M	GenieSVM	MEET (48 videos)
Shreve et al., 2011	Optical strain	-	M	Threshold technique	USF-HS Canal-9 (not available) Found videos (not available)
Polkovsky and Kameda, 2013	3D gradient histogram	-		k mean cluster	High-speed ME database (not available)
Shreve et al., 2014	Optical strain	-	M	Threshold technique	USF SMIC
Molanen et al., 2014	LBP	✓	M	Threshold technique	CASME-A CASME-B SMIC-VIS-E
Devson et al., 2015	HOG	✓	M	Threshold technique	SAMM
Patel et al., 2015	Spatio-temporal Integration of OF vectors	-	M	Threshold technique	SMIC-VIS-E
Liong et al., 2015	LBP correlation CLM Optical strain	-	A	Binary search	CASME II
Wang et al., 2016a	MDMD	✓	M	Threshold technique	CAS(ME) <sup>2</sup>
Xia et al., 2016	Geometrical motion deformation	-	M	Random walk model	CASME SMIC
Liong et al., 2016b	LBP correlation	-	A	Binary search	CASME II
Liong et al., 2016c	LBP correlation Optical strain	-	A	Binary search	CASME II
Devson et al., 2016a	HOG	✓	M	Threshold technique	SAMM
Devson et al., 2016b	3D HOG LBP OF	✓	M	Threshold technique	SAMM CASME II
Li et al., 2017	HOOF LBP	✓	M	Threshold technique	CASME II SMIC-E-HS SMIC-E-VIS SMIC-E-NIR
Yan and Chen, 2017	LBP correlation CLM HOOF	-	A	Peak detection	CASME II
Ma et al., 2017	RHOOF	-	A	Threshold technique	CASME CASME II
Qu et al., 2017	LBP	✓	M	Threshold technique	CAS(ME) <sup>2</sup>
Duque et al., 2018	Riesz Pyramid	✓	M	Threshold technique	SMIC-E-HS CASME II

**MOLTO COMPLICATO!**



**Yee-Hui Oh, John See, Anh Cat Le Ngo,  
Raphael C. -W. Phan and Vishnu M. Baskaran  
A Survey of Automatic Facial Micro-Expression  
Analysis: Databases, Methods, and Challenges.  
Frontiers in Psychology, 2018**

# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)

E' possibile un modello più semplice (sesto senso)?

Basato sul modello originale di Adelson e Bergen

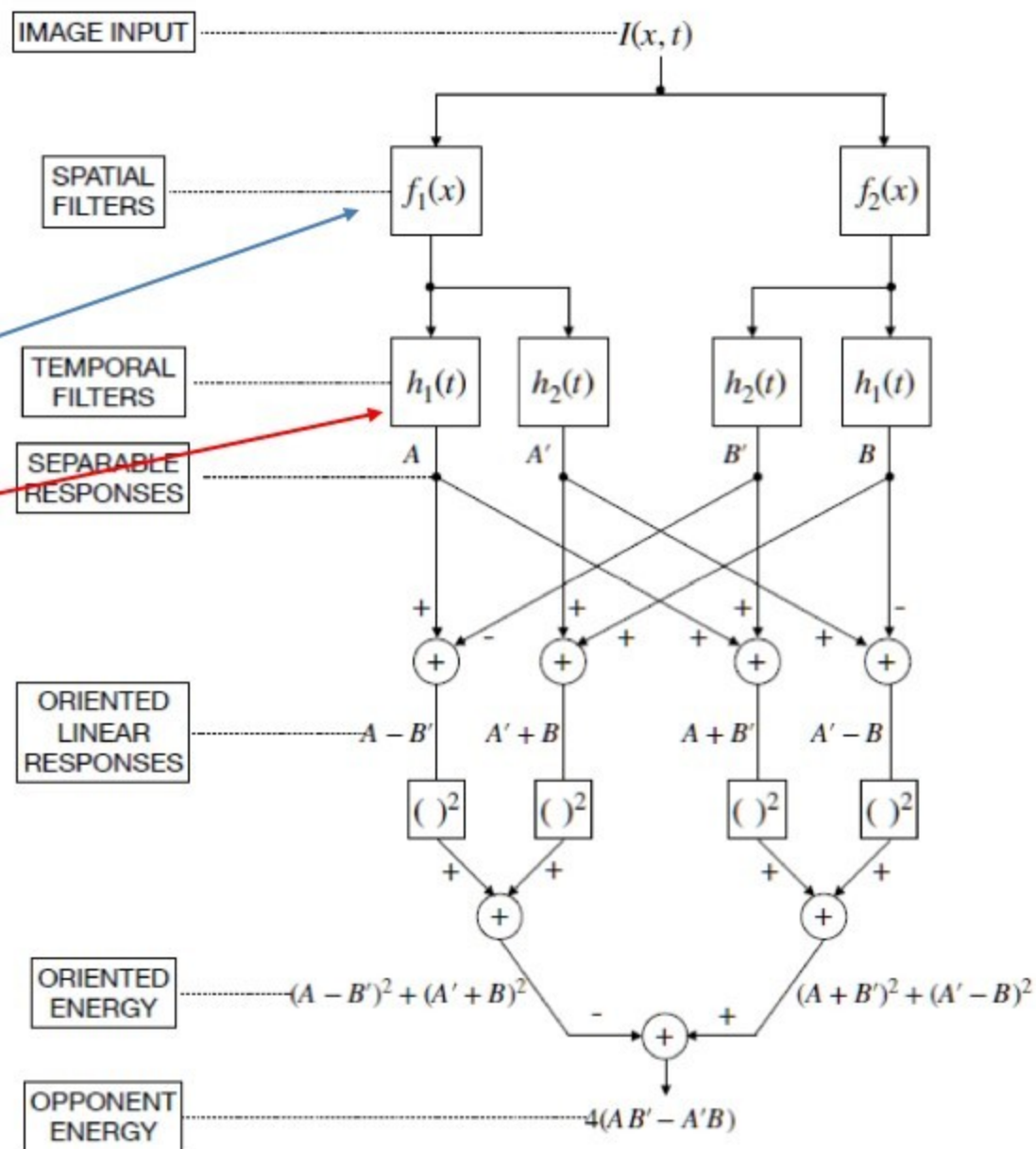


Rilevamento di movimenti (rapidi e lenti)

Strumenti: filtri (spaziali e temporali).

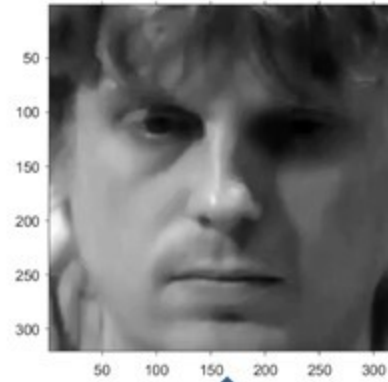
Edward H Adelson and James R Bergen,  
Spatiotemporal energy models for the perception of motion  
Josa a, 2(2):284-299, 1985

James R Bergen and Hugh R Wilson  
Prediction of flicker sensitivities from temporal three-pulse data  
Vision research, 25(4):577-582, 1985





# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)



$a_{ij}$

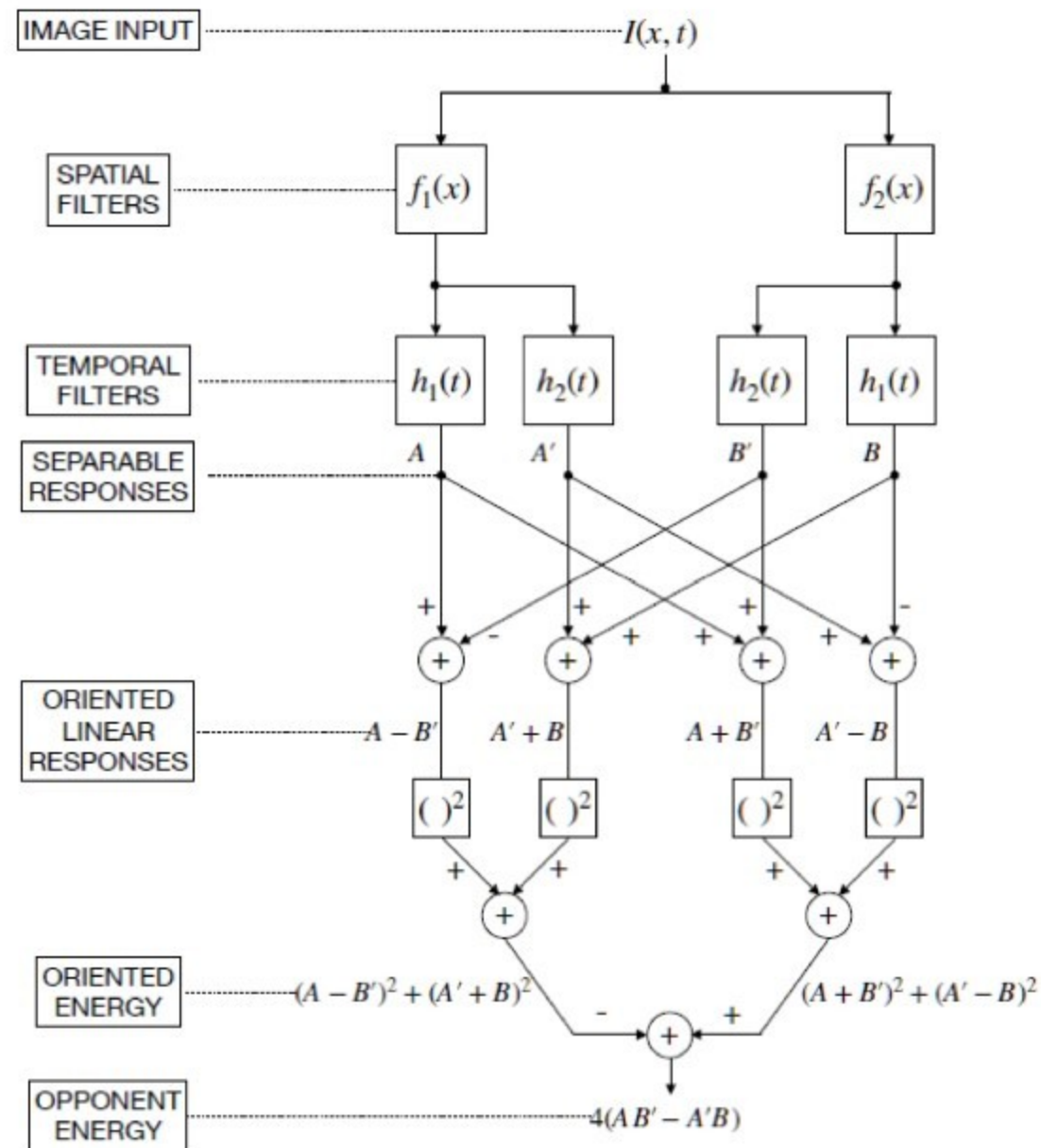
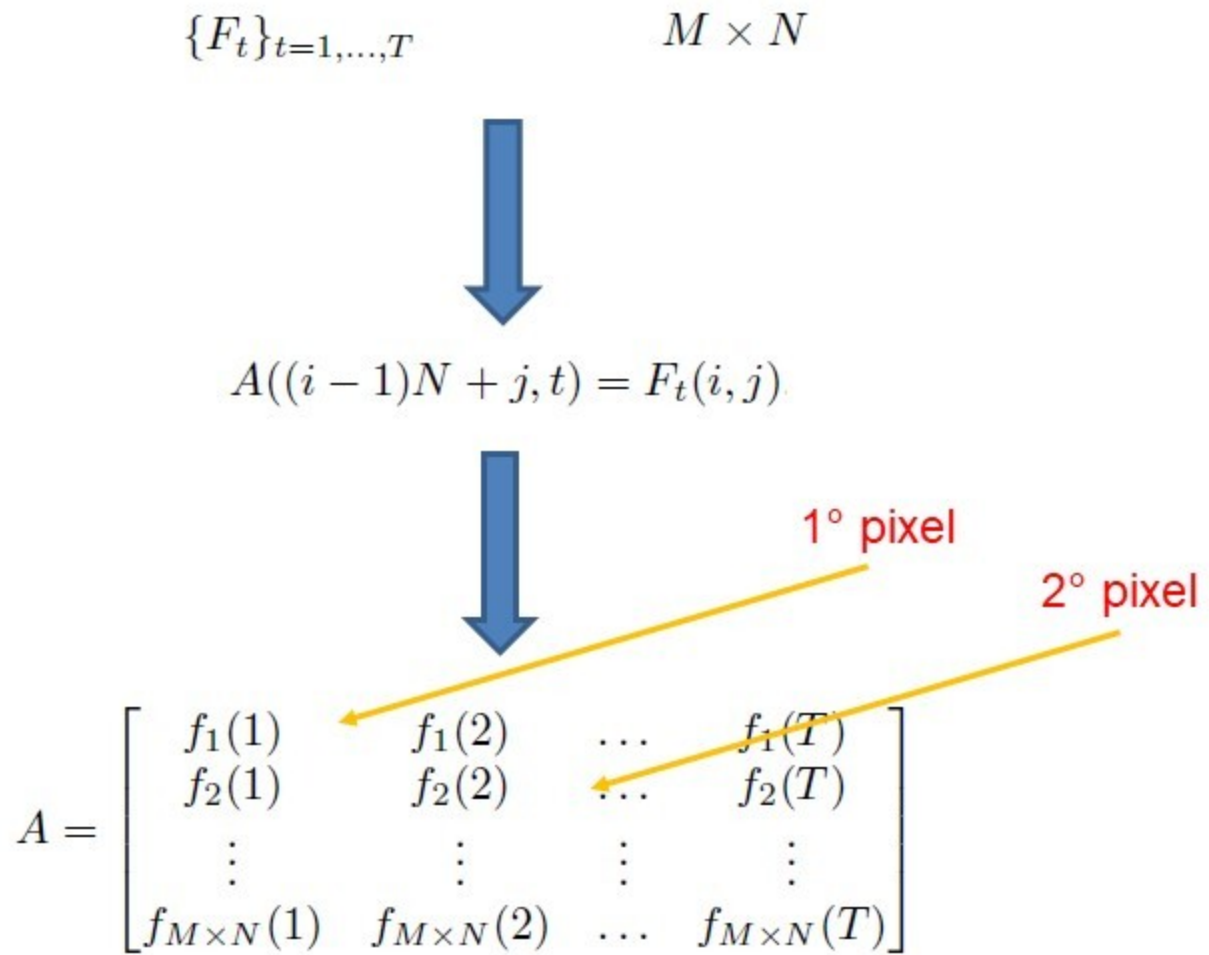
$m$  colonne  
 $j$  cresce

$n$  righe  
 $i$  cresce

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}$$

matrice  $n \times m$

# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)



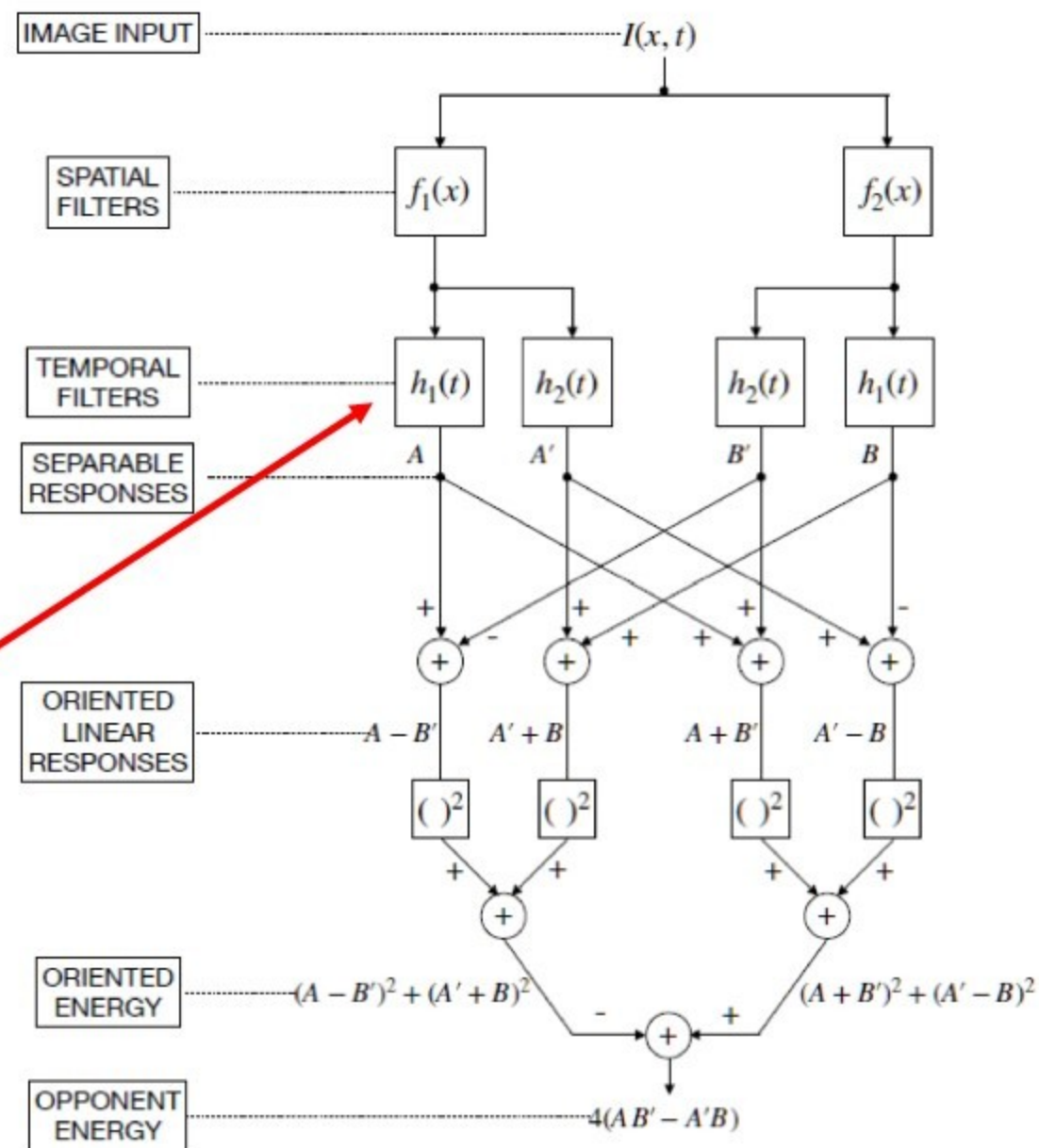


# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)

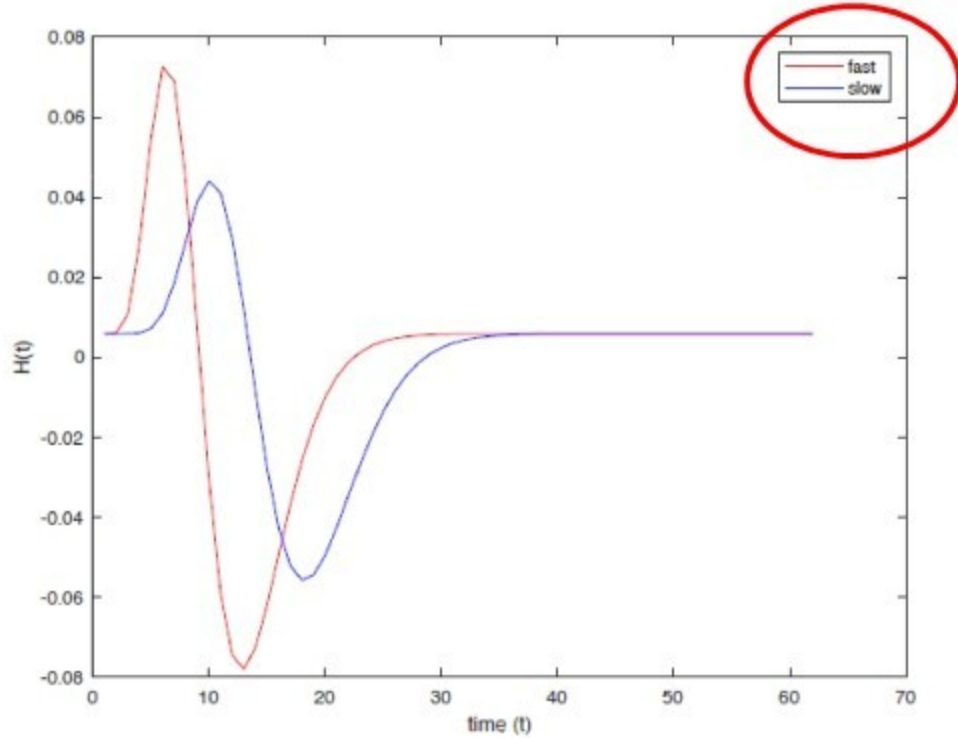
$$A = \begin{bmatrix} f_1(1) & f_1(2) & \dots & f_1(T) \\ f_2(1) & f_2(2) & \dots & f_2(T) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{M \times N}(1) & f_{M \times N}(2) & \dots & f_{M \times N}(T) \end{bmatrix}$$

$$f \star g(x) = \int_R f(x-y)g(y)dy$$

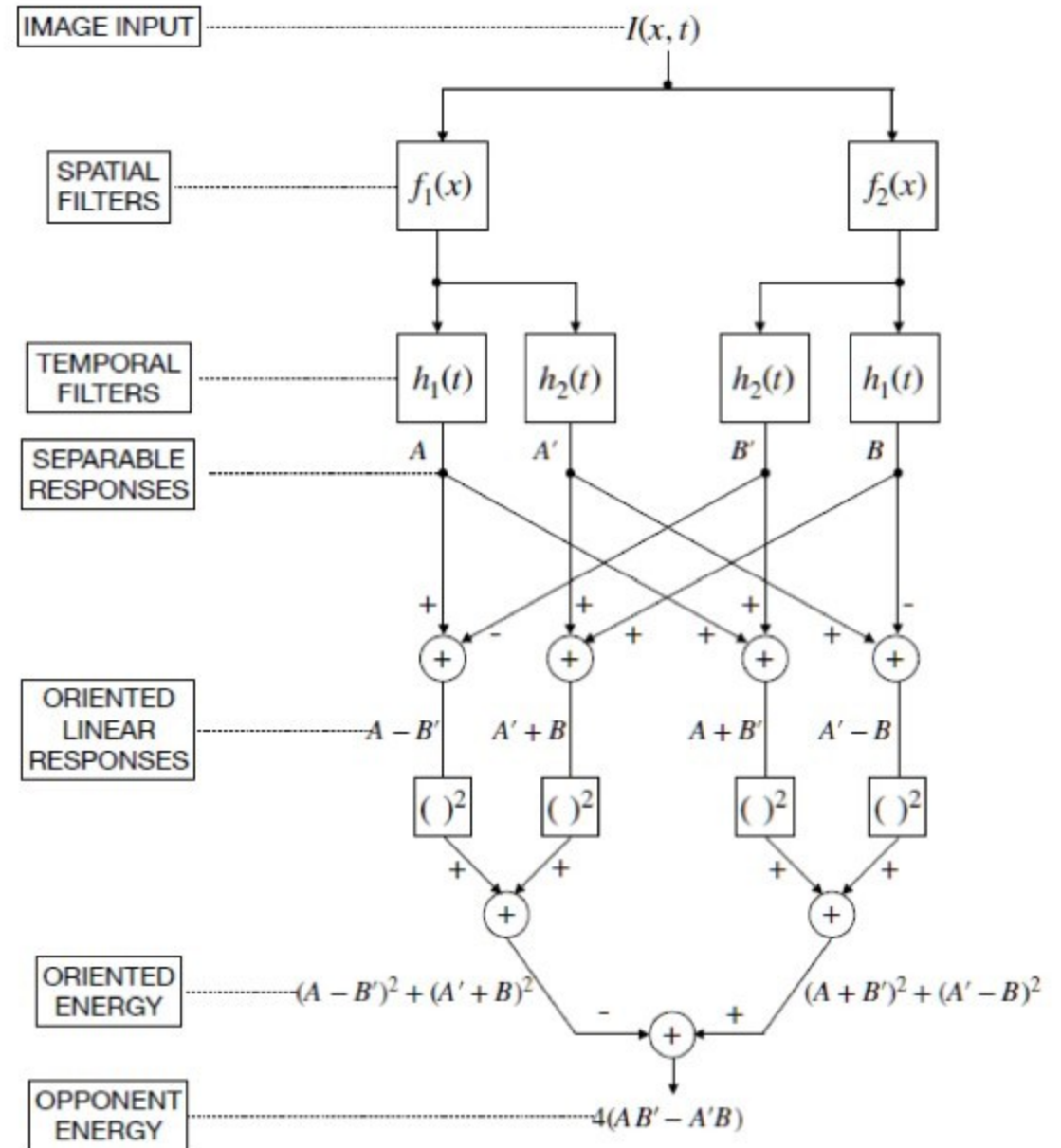
$$h(t) = (kt)^n e^{-kt} \left[ \frac{1}{n!} - \beta \frac{(kt)^2}{(n+2)!} \right]$$



# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)



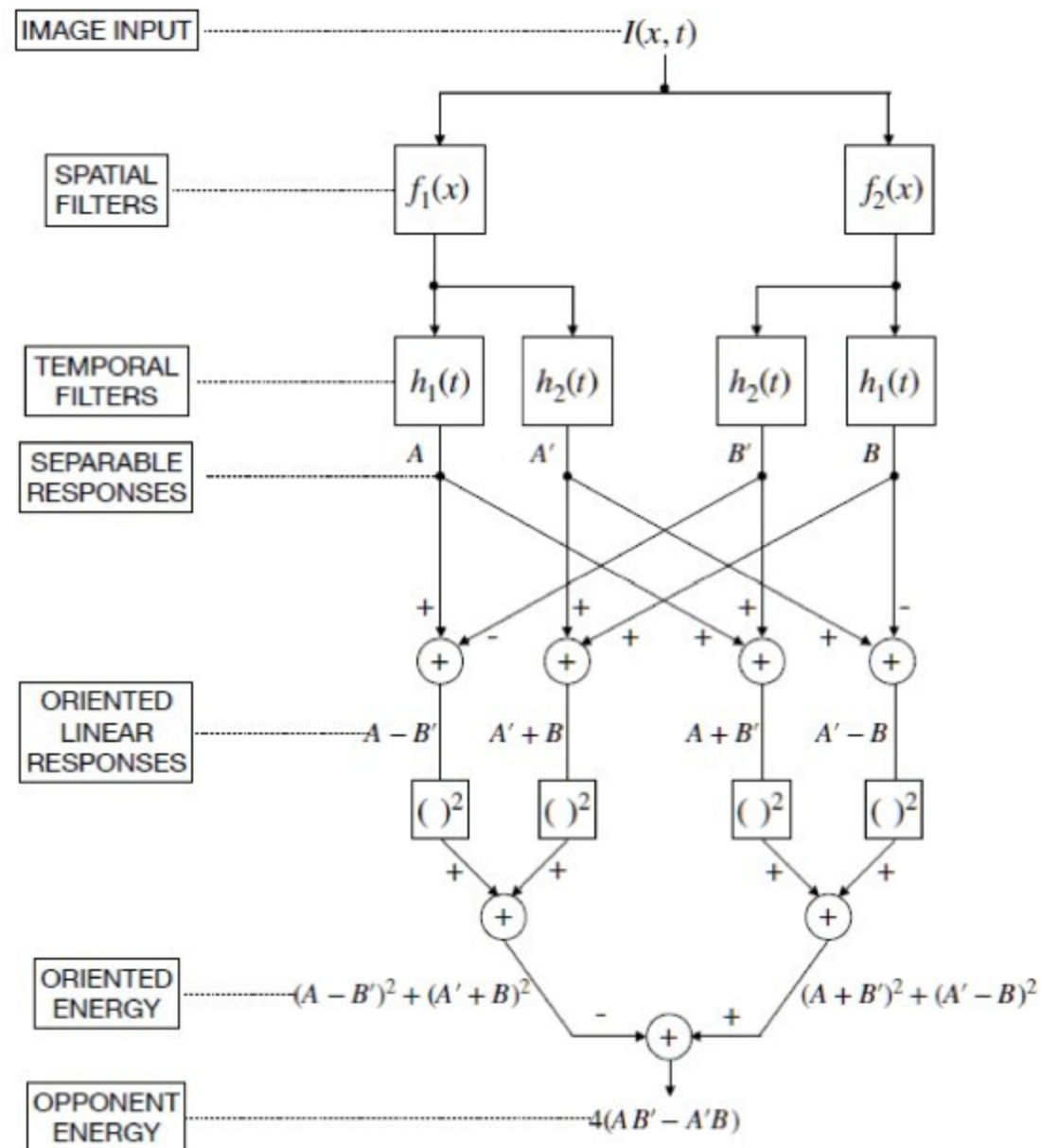
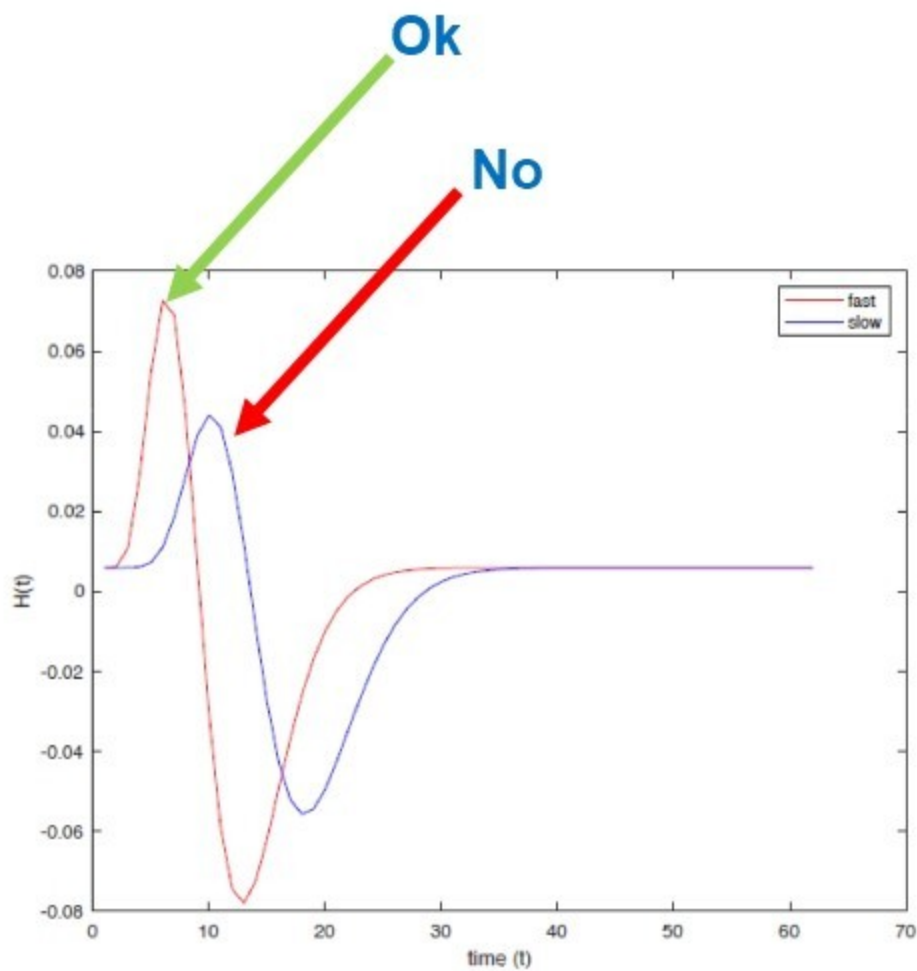
$$h(t) = (kt)^n e^{-kt} \left[ \frac{1}{n!} - \beta \frac{(kt)^2}{(n+2)!} \right]$$



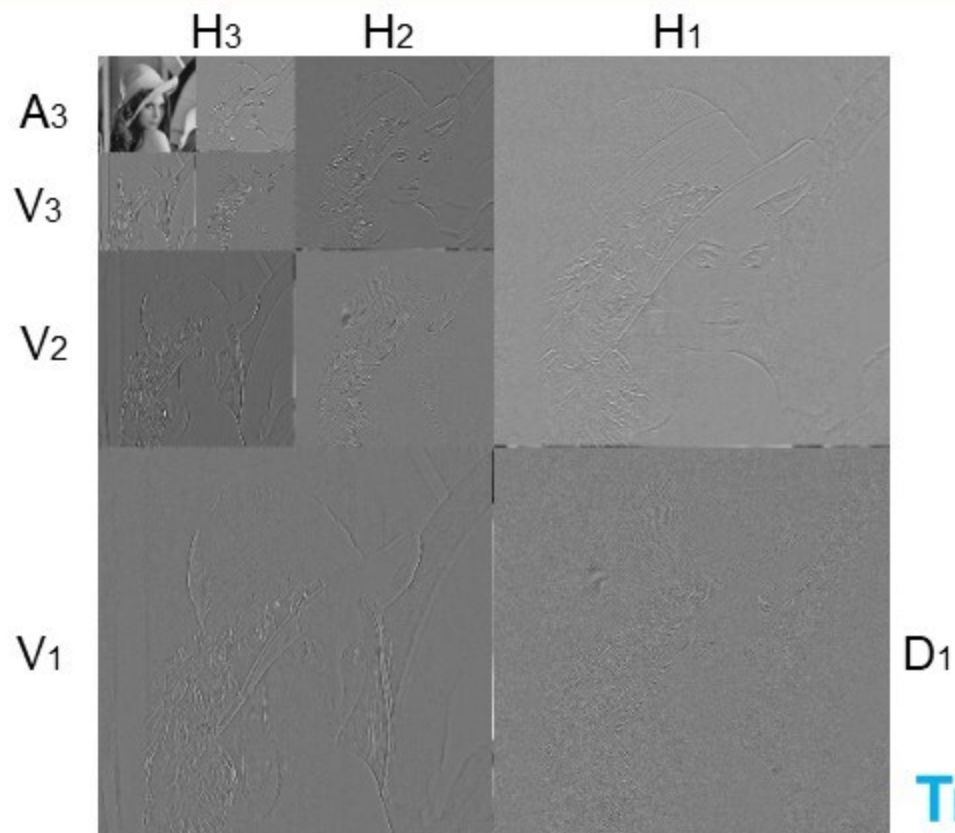


# Un semplice modello (proposta)

## Problema nel Modello di Adelson-Bergen



## Un semplice modello (proposta)



S  
I  
S  
T  
E  
M  
A

V  
I  
S  
I  
V  
O

U  
M  
A  
N  
O

Trasformata Wavelet

$$Wf(u, s) = \langle f, \psi_{u,s} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \psi^* \left( \frac{t-u}{s} \right) dt$$



V. Bruni, D. Vitulano A fastpreprocessing method for micro-expression spotting via perceptual detection of frozen frames Journal of Imaging 2021

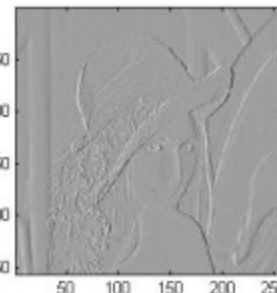
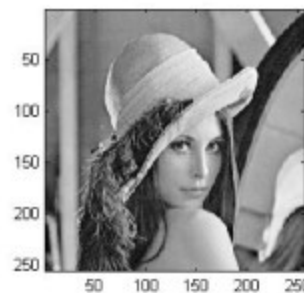
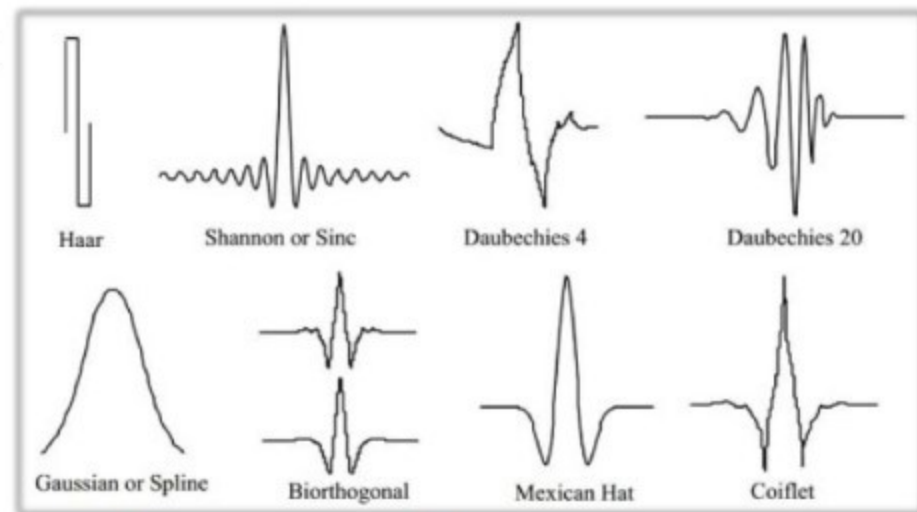
V. Bruni, D. Vitulano SSIM based Signature of Facial Micro-Expressions, 2020



## Un semplice modello (proposta)

**Regolarizzazione spaziale** (una banda della trasformata wavelet):

$$Wf(u, s) = \langle f, \psi_{u,s} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \psi^* \left( \frac{t-u}{s} \right) dt$$



V. Bruni, D. Vitulano A fastpreprocessing method for micro-expression spotting via perceptual detection of frozen frames Journal of Imaging 2021

V. Bruni, D. Vitulano SSIM based Signature of Facial Micro-Expressions, 2020

# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)

$$A = \begin{bmatrix} f_1(1) & f_1(2) & \dots & f_1(T) \\ f_2(1) & f_2(2) & \dots & f_2(T) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_{M \times N}(1) & f_{M \times N}(2) & \dots & f_{M \times N}(T) \end{bmatrix}$$



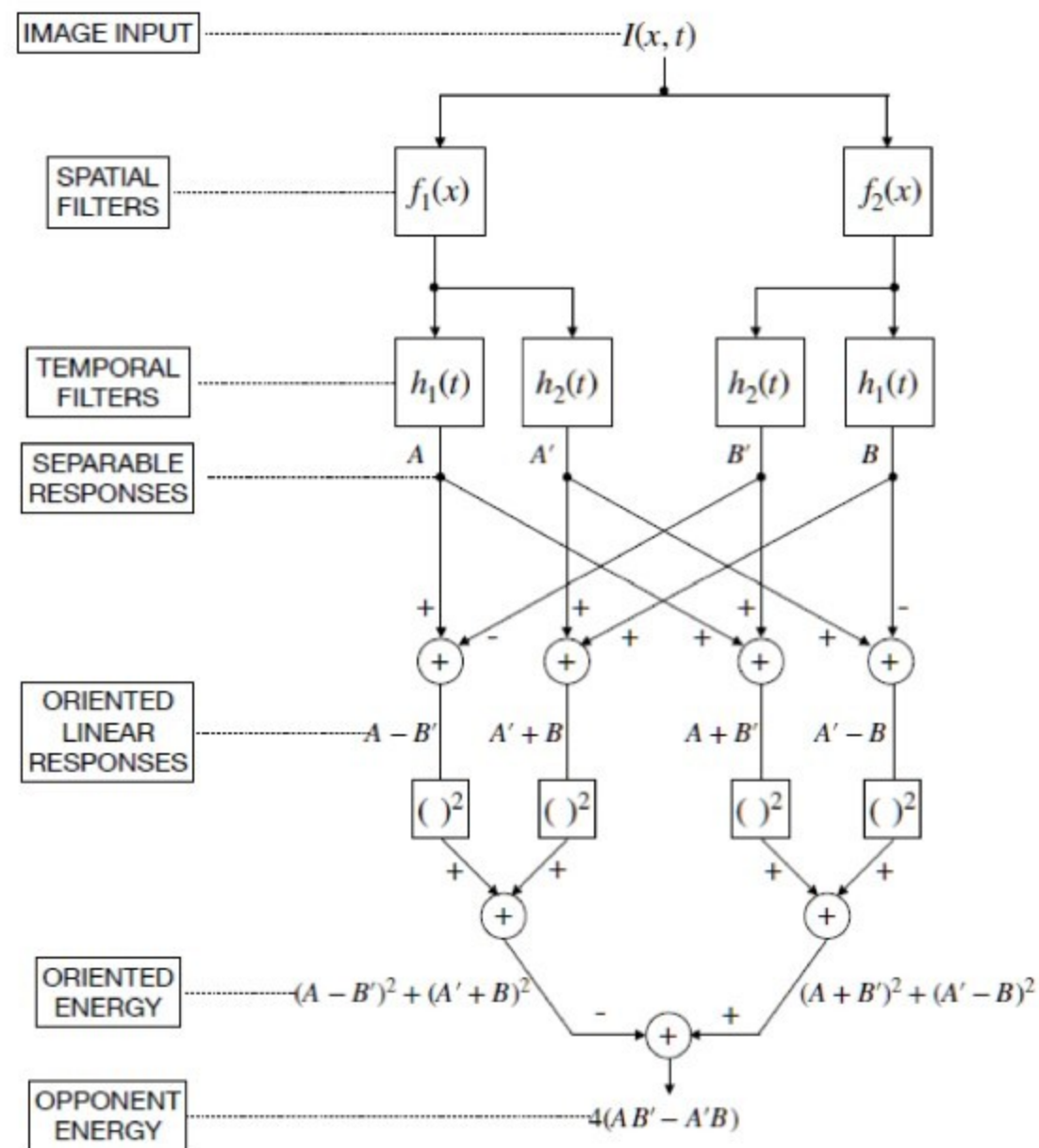
$$f \star g(x) = \int_R f(x-y)g(y)dy$$



$$h(t) = (kt)^n e^{-kt} \left[ \frac{1}{n!} - \beta \frac{(kt)^2}{(n+2)!} \right]$$



$$Z = \begin{bmatrix} Z_1(1) & Z_1(2) & \dots & Z_1(T) \\ Z_2(1) & Z_2(2) & \dots & Z_2(T) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{M \times N}(1) & Z_{M \times N}(2) & \dots & Z_{M \times N}(T) \end{bmatrix}$$





# Un semplice modello (Sistema Visivo Umano)

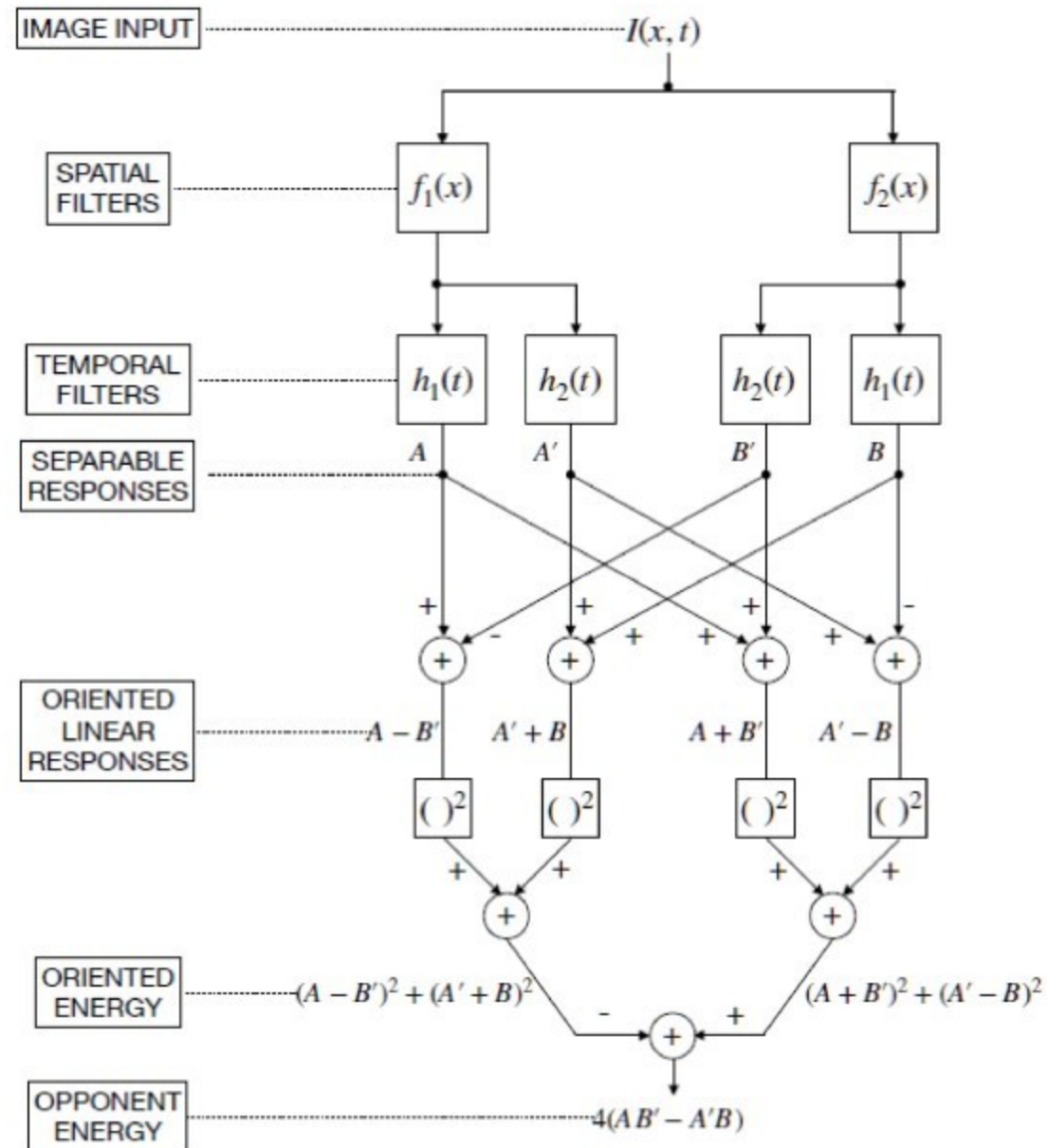
Basato sul modello originale di Adelson e Bergen modificato

**Strumenti:** concetti di immagine, video e filtri (spaziali e temporali)

$$Z = \begin{bmatrix} Z_1(1) & Z_1(2) & \dots & Z_1(T) \\ Z_2(1) & Z_2(2) & \dots & Z_2(T) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{M \times N}(1) & Z_{M \times N}(2) & \dots & Z_{M \times N}(T) \end{bmatrix}$$

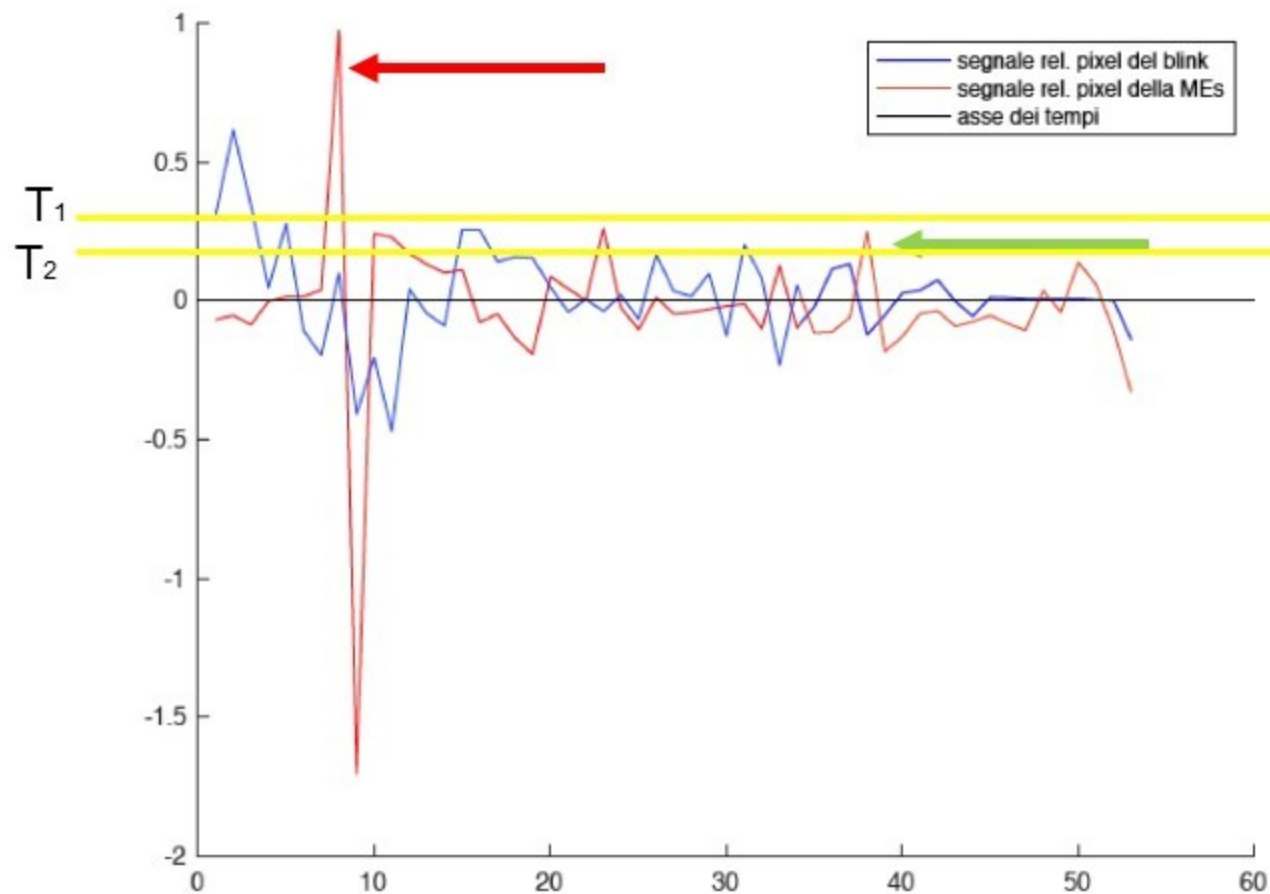
Edward H Adelson and James R Bergen,  
Spatiotemporal energy models for the perception of motion  
Josa a, 2(2):284-299, 1985

James R Bergen and Hugh R Wilson  
Prediction of flicker sensitivities from temporal three-pulse data  
Vision research, 25(4):577-582, 1985



# Un semplice modello (sistema visivo umano)

## Sogliaura:



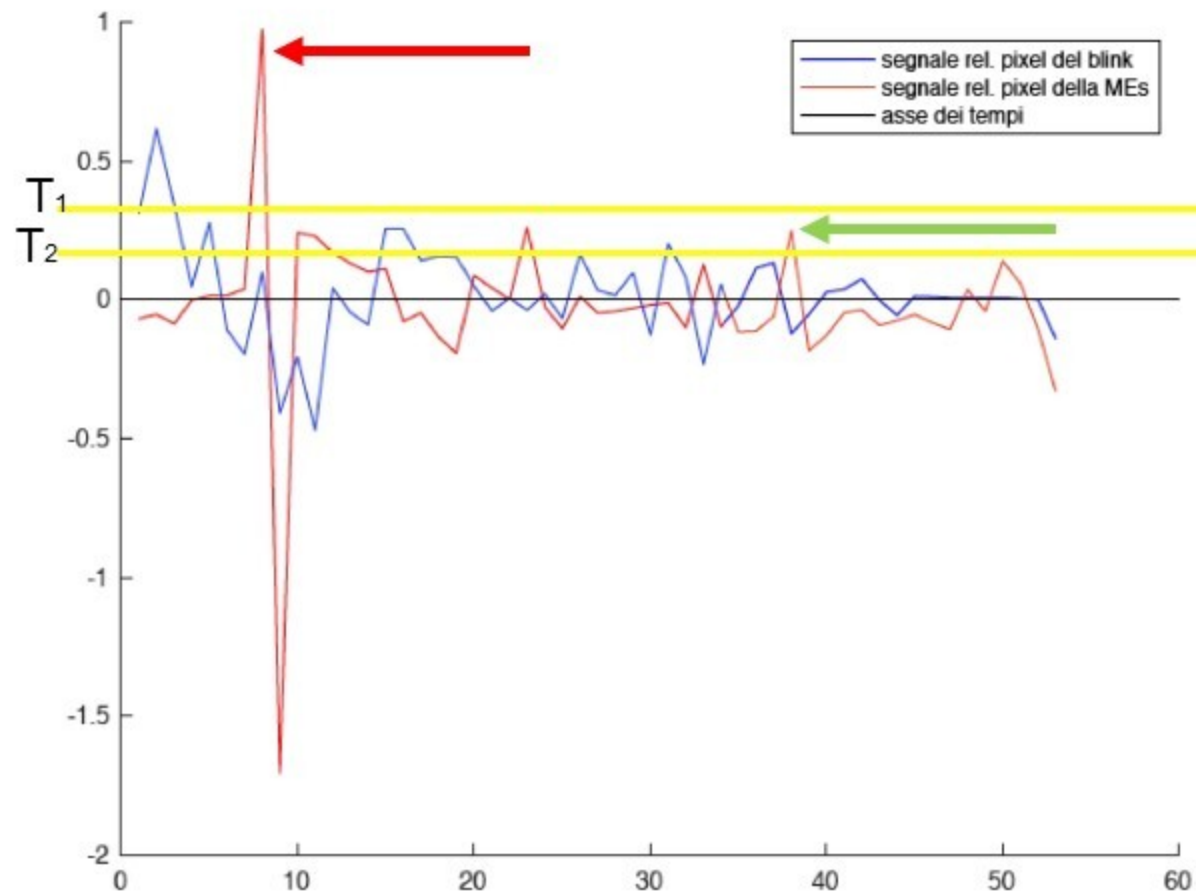
$$Z = \begin{bmatrix} Z_1(1) & Z_1(2) & \dots & Z_1(T) \\ Z_2(1) & Z_2(2) & \dots & Z_2(T) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{M \times N}(1) & Z_{M \times N}(2) & \dots & Z_{M \times N}(T) \end{bmatrix}$$





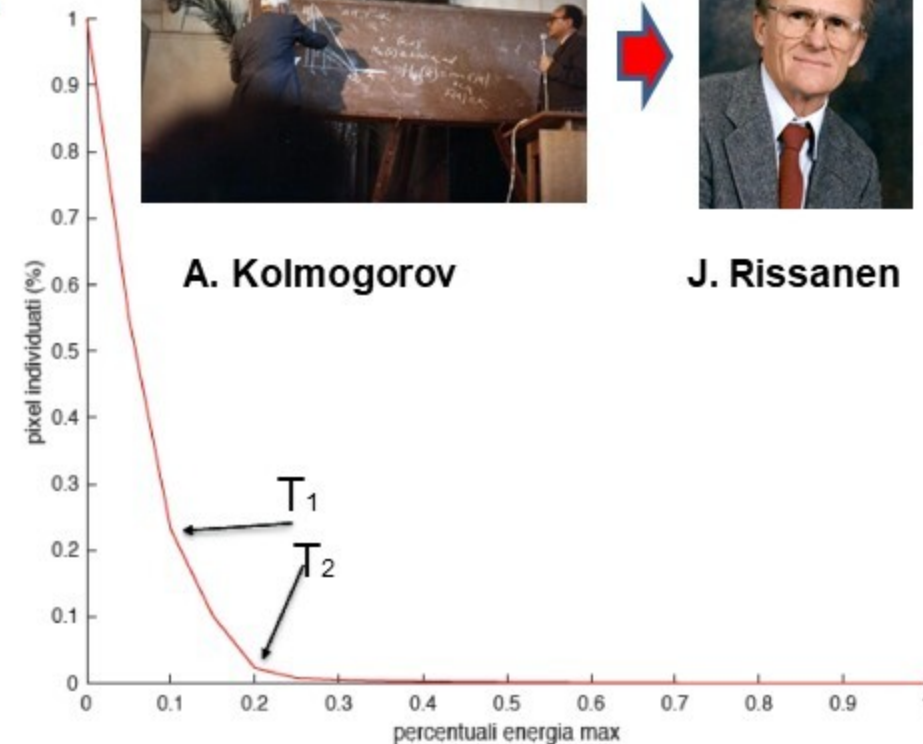
# Un semplice modello (sistema visivo umano)

## Sogliatura:



A. Kolmogorov

J. Rissanen



Minimum Description length:

$$L(D) = \min_{H \in \mathcal{H}} (L(H) + L(D|H))$$

D: dati

H: ipotesi

$\mathcal{H}$ : insieme di ipotesi

## Alcuni risultati sperimentali

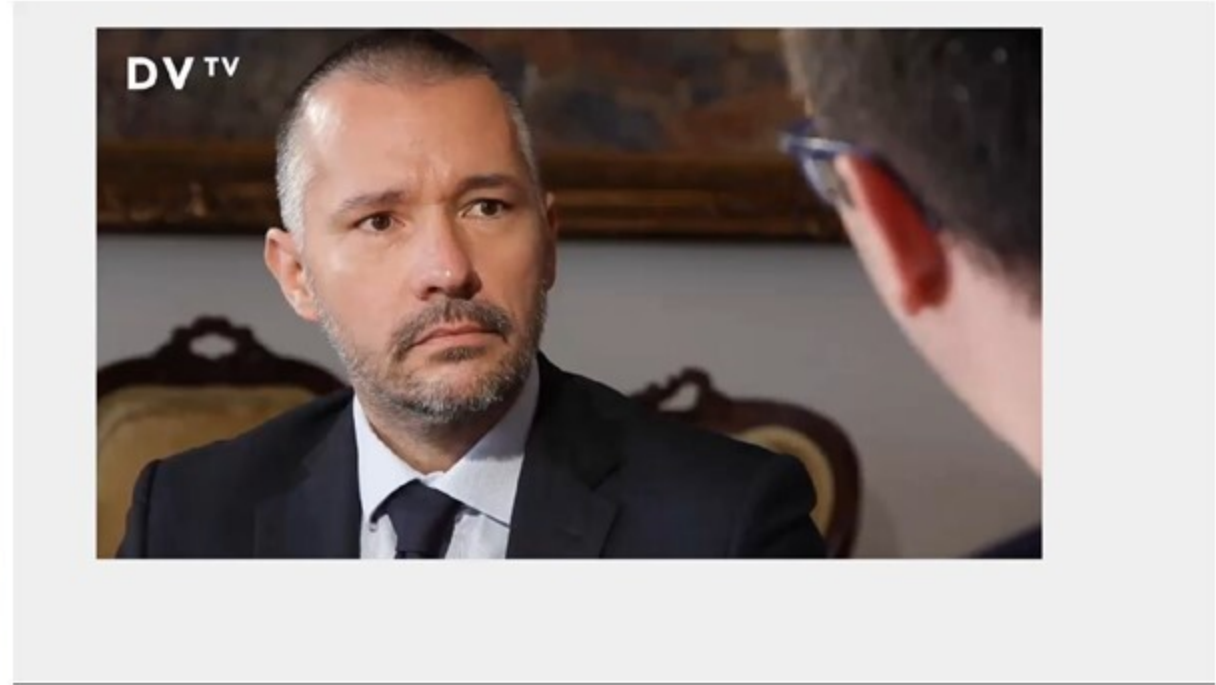


## Estratti da MEVIEW

Petr Husak, Jan Cech, and Jir Matas.  
Spotting facial micro-expressions in the wild".  
In 22nd Computer Vision Winter Workshop (Retz), 2017

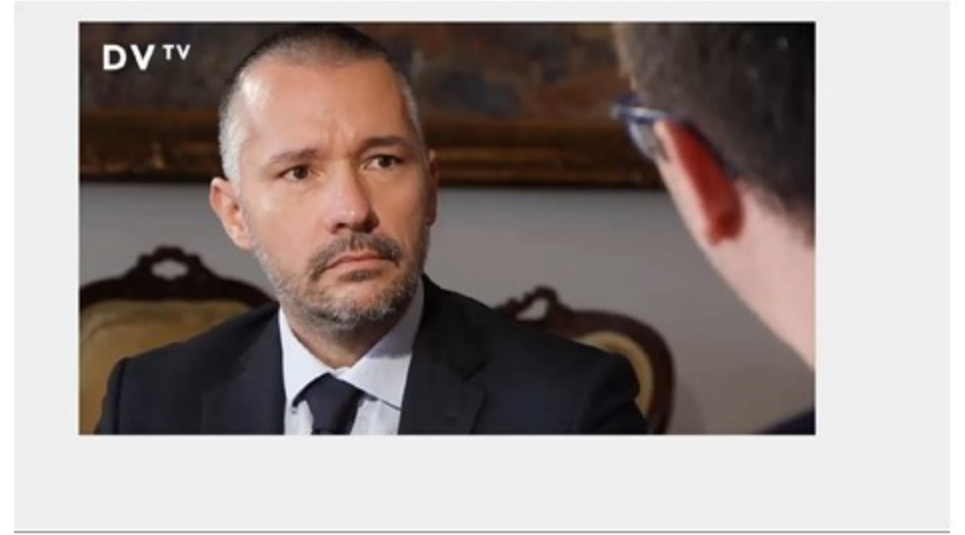
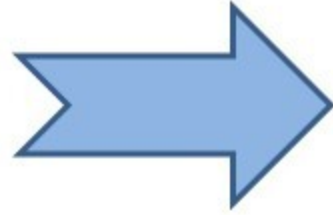


## Alcuni risultati sperimentali



**Intelligenza  
Artificiale**

## Alcuni risultati sperimentali



## Alcuni risultati sperimentali

Solo filtro temporale (risultato intermedio)



Blink



MicroEspressione



**Filtro spazio-temporale**



**Blink**

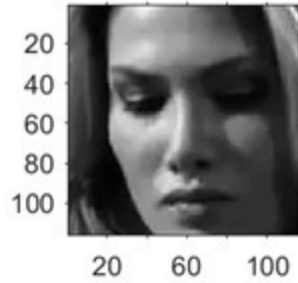
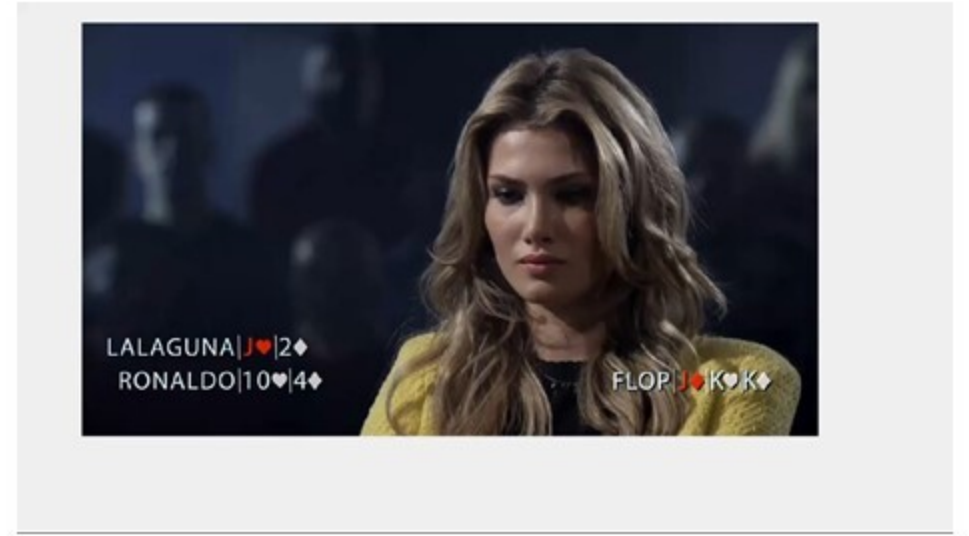


**MicroEspressione**

# Alcuni risultati sperimentali



Intelligenza  
Artificiale



Una curiosità...



**Filtro temporale**



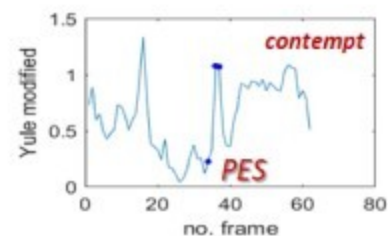
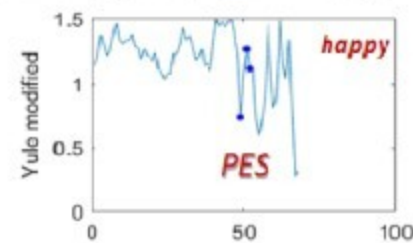
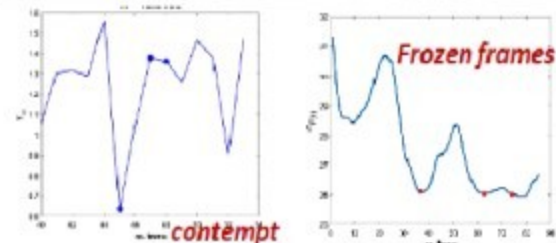
**Optical flow**



## Alcuni risultati sperimentali

Possibili  
Evoluzioni

**Goal:**  
**Real Time**



- V. Bruni, D. Vitulano, A fast preprocessing method for micro-expression spotting via perceptual detection of **frozen frames** Journal of Imaging 2021
- V. Bruni, D. Vitulano, **SSIM** based Signature of Facial Micro-Expressions, 2020

# Emotional marketing

**Obiettivo: Gestione e il controllo delle emozioni dei clienti**

**Alcune imprese di successo:**

GE Cisco IBM AutoDesk Qualcomm

Gli investimenti nel 2020 si sono attestati su una cifra di circa 20 miliardi di dollari

**Alcuni casi eclatanti (1):**

**acquisizione da parte di Apple di Emotient**

(start-up: intelligenza artificiale per

- i) valutare le reazioni degli utenti a spot pubblicitari di inserzionisti
- ii) interpretare i sintomi di panico tra pazienti che non sono in grado di esprimersi mediante l'intelligenza artificiale,
- iii) registrare le espressioni facciali dei clienti lungo le corsie di rivenditori che adottano questa tecnologia





# Emotional marketing

**Obiettivo: Gestione e il controllo delle emozioni dei clienti**

**Alcune imprese di successo:**

GE Cisco IBM AutoDesk Qualcomm

Gli investimenti nel 2020 si sono attestati su una cifra di circa 20 miliardi di dollari

**Alcuni casi eclatanti (2):**

**Nielsen che ha acquisito Innerscope**

(tecnologia basata su indici biometrici: scansioni cerebrali e indice galvanico della pelle, che **permette di cogliere le reazioni inconsce dei clienti**)





# Emotional marketing

Altri esempi illustri sono:

Unilever

P&G

Mars

Honda

Kellogg

Coca Cola



**Peter Lewinski, Marieke Fransen, Ed S. Tan**  
**Predicting Advertising Effectiveness by Facial Expressions in Response to Amusing Persuasive Stimuli**  
**Journal of Neuroscience Psychology and Economics, March 2014**

*Grazie*  
*per l'attenzione*